



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenl gungsschrift
DE 197 04 609 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/07

②1 Aktenzeichen: 197 04 609.6
②2 Anmeldetag: 7. 2. 97
④3 Offenlegungstag: 13. 8. 98

⑦1 Anmelder:
Forschungszentrum Rossendorf eV, 01474
Schönfeld-Weißig, DE

⑦2 Erfinder:
Prasser, Horst-Michael, Dr., 01324 Dresden, DE;
Zschau, Jochen, Dr., 01324 Dresden, DE; Böttger,
Arnd, 01279 Dresden, DE *Böttger*

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
EP 03 86 660 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Anordnung zur Messung der lokalen elektrischen Leitfähigkeit in Fluiden

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung der Leitfähigkeitsverteilung in Flüssigkeiten bzw. mehrphasigen Medien mit beliebiger Strömungsrichtung insbesondere für den Einsatz in der Verfahrens- und Kraftwerkstechnik, wobei die elektrische Leitfähigkeit vorwiegend als Maß für weitere physikalische oder chemische Eigenschaften (z. B. volumetrischer Gasanteil, Konzentration, Stoffart usw.) der Flüssigkeit oder als Indikator für die Phasenverteilung über den Meßquerschnitt eines Mehrphasenmediums dient.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Einfluß von leitfähigen Ablagerungen, die zu einer elektrischen Verbindung von Meß- und Bezugselektrode auch im Falle des Vorliegens der Gas- bzw. Dampfphase führen, bei der Messung von Leitfähigkeiten in Fluiden mittels Nadelsonden auszuschalten.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß zwischen Meß- und Bezugselektrode mindestens eine Sperr-elektrode angeordnet wird, die nahezu auf dem gleichen Spannungspotential gehalten wird, wie die Meßelektrode. Die Sonde ist konstruktiv so gestaltet, daß eventuelle leitfähige Ablagerungen im Gebiet zwischen der Meß- und der Bezugselektrode in jedem Fall im elektrischen Kontakt zur Sperr-elektrode stehen. Dadurch erfolgt mit Sicherheit eine Unterbindung des Fehlerstromflusses zwischen Meß- und Bezugselektrode. Dieser Effekt ist mit eventuellen konstruktiven Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbildung einer geschlossenen leitfähigen Ablagerung nicht erreichbar.

...

*elektrische Leitfähigkeit
Konzentrationsmessung
in mehrphasigen Medien
von Ablagerungen*

DE 197 04 609 A 1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung der Leitfähigkeitsverteilung in Flüssigkeiten bzw. mehrphasigen Medien mit beliebiger Strömungsrichtung insbesondere für den Einsatz in der Verfahrens- und Kraftwerkstechnik, wobei die elektrische Leitfähigkeit vorwiegend als Maß für weitere physikalische oder chemische Eigenschaften (z. B. volumetrischer Gasanteil, Konzentration, Stoffart, usw.) der Flüssigkeit oder als Indikator für die Phasenverteilung über den Meßquerschnitt eines Mehrphasenmediums dient.

Für die Bestimmung der Eigenschaften von Flüssigkeiten und Mehrphasengemischen, z. B. des volumetrischen Gasanteils, wird verbreitet die Messung der elektrischen Leitfähigkeit verwendet. Dazu bringt man sowohl bei Laboreinrichtungen als auch bei großtechnischen Anwendungen draht- oder flächenförmige Elektroden, die parallel oder konzentrisch angeordnet sind, in das zu messende Medium und mißt mittels Gleich- oder Wechselspannungsanregung seine Leitfähigkeit durch Bestimmung des ohmschen bzw. komplexen Widerstandes. Eine spezielle Form dieser Elektrodenanordnungen sind die Nadelsonden [DE 32 01 799 C1] zur Messung der lokalen Leitfähigkeit.

Dabei wird die Leitfähigkeit zwischen zwei konzentrisch angeordneten Elektroden, die in das zu messende Medium eintauchen, gemessen. Die Ausführung dieser konzentrisch angeordneten Elektroden ist sehr mannigfaltig, und hängt von dem jeweiligen Anwendungsfall ab. Es werden auch Nadelsonden mit mehr als zwei konzentrisch angeordneten Elektroden beschrieben. So wird in [DE 32 01 799] eine Sondenanordnung beschrieben, bei der eine zusätzliche Elektrode als Schirmelektrode zur Ableitung von Thermospannungen einer in die Sonde integrierten Temperaturmeßeinrichtung genutzt wird. In [DE 9 68 548] wird eine Sonde vorgestellt, deren äußere Elektrode aus mehreren axial voneinander isolierten Teilstücken zusammensetzt ist, und damit eine Mehrfachmessung in axialer Richtung erlaubt.

Nachteilig wirkt sich bei den Messungen aus, daß leitfähige Ablagerungen, die zu einer elektrischen Verbindung zwischen der Meß- und der Bezugselektrode führen, einen zusätzlichen Stromfluß verursachen, der die Messung verfälscht. Durch den zusätzlichen Strom kommt es kommt zu einer Überbewertung der Leitfähigkeit des Meßmediums. Solche leitfähige Ablagerungen können z. B. Schichten von Korrosionsprodukten sein. Bei der Verwendung der Leitfähigkeitsmessung zur Bestimmung des Volumenanteils der Phasen in Flüssigkeits-Gas- oder Flüssigkeits-Dampf-Gemischen (Zweiphasenströmung) wird der Sondenstrom zur Identifikation des momentanen Phasenzustands (flüssig oder gasförmig) an der Sonde benutzt. Wenn die Sonde sich in der Gasphase befindet, wirken auf der Sonde verbliebene Flüssigkeitsfilme oder sich aus der Dampfphase bildendes Kondensat als leitfähige Ablagerungen. Dadurch wird ein Sondenstrom hervorgerufen, der im Verhältnis zur Leitfähigkeit der Gas- bzw. Dampfphase zu hoch ist. Das führt zu Fehlinterpretation des Sondenstroms hinsichtlich der Phasendetektion, d. h. das Vorhandensein von Flüssigkeit mit geringerer elektrischer Leitfähigkeit kann nicht eindeutig vom Vorliegen von Dampf bzw. Gas unterschieden werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Einfluß von leitfähigen Ablagerungen, die zu einer elektrischen Verbindung von Meß- und Bezugselektrode auch im Falle des Vorliegens der Gas- bzw. Dampfphase führen, bei der Messung von Leitfähigkeiten in Fluiden mittels Nadelsonden auszuschalten.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß zwischen Meß- und Bezugselektrode mindestens eine Sperrelektrode angeordnet wird, die nahezu auf dem gleichen Spannungs-

potential gehalten wird, die Meßelektrode. Die Sonde ist konstruktiv so gestaltet, daß eventuelle leitfähige Ablagerungen im Gebiet zwischen der Meß- und der Bezugselektrode in jedem Fall im elektrischen Kontakt zur Sperrelektrode stehen. Dadurch erfolgt mit Sicherheit eine Unterbindung des Fehlersstromflusses zwischen Meß- und Bezugselektrode. Dieser Effekt ist mit eventuellen konstruktiven Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbildung einer geschlossenen leitfähigen Ablagerung nicht erreichbar.

Die Potentialdifferenz zwischen Meß- und Sperrelektrode muß so klein sein, daß der Strom zwischen beiden Elektroden zu vernachlässigen ist und damit die leitfähige Ablagerung, d. h. im Fall der Zweiphasenströmung ein Flüssigkeitsfilm, zwischen beiden Elektroden keinen Einfluß mehr auf das Meßergebnis besitzt. Dadurch wird die Meßgenauigkeit erhöht. Im Fall einer Zweiphasenströmung wird ein zuverlässiger Nachweis der an der Sonde vorliegenden Phase gewährleistet.

Zum besseren Verständnis wird die Erfindung nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In der zugehörigen Figur ist eine Sonde mit drei konzentrisch angeordneten Elektroden (Dreielektrodensonde) dargestellt, die mit einer Ansteuer- und Auswerteeinheit verbunden ist. Dabei bildet die zentrale Elektrode die Meßelektrode, die mittlere die Sperrelektrode und die äußere die Bezugselektrode. Die Meßelektrode der Sonde ist an den invertierenden Eingang des Meßverstärkers OPV 1 angeschlossen. Der nichtinvertierenden Eingang des OPV 1 wird mit dem Versorgungspotential U_v verbunden. Bei genügend großer Leerlaufverstärkung von OPV 1 erzeugt das Potential am nichtinvertierenden Eingang des OPV 1 über die Gegenkopplung ein nahezu identisches Potential am invertierenden Eingang und damit an der Meßelektrode der Sonde.

Der OPV 1 arbeitet als Strom/Spannungswandler und der Sondenstrom zwischen Meß- und Bezugselektrode wird somit niederohmig gemessen. Die Sperrelektrode wird mit dem nichtinvertierenden Eingang von OPV 1 verbunden. Wegen der hohen Leerlaufverstärkung des OPV wird die Spannungsdifferenz zwischen Meß- und Sperrelektrode auf einem sehr geringen Wert gehalten (einige mV). Daher fließt zwischen beiden Elektroden auch nur ein zu vernachlässigender Fehlstrom. Flüssigkeitsfilme, Ablagerungen und Tröpfchenbildung zwischen beiden Elektroden haben praktisch keinen Einfluß mehr auf den Stromfluß zwischen Meß- und Bezugselektrode über das zu messende Medium. Damit ist der Strom zwischen der Meß- und Bezugselektrode ein Maß für die Leitfähigkeit des zu messenden Mediums.

In der Auswerteschaltung wird zum Abgleich mit dem Einstellregler R3 zunächst bei offenem Eingang (Eingangstrom $I_1 = 0$) die Schaltung so abgeglichen, daß sich $U_1 = 0$ ergibt. Fließt ein Eingangsstrom $I_1 \neq 0$, so tritt eine Ausgangsspannung U_1 auf, die proportional zum Sondenstrom I_1 ist, da durch die Beschaltung von OPV 2 als Differenzbildner die Versorgungsspannung U_v von der Ausgangsspannung von OPV 1 subtrahiert wird. Die Ausgangsspannung U_1 ist damit bei vernachlässigbaren Fehlstromkomponenten, proportional der Leitfähigkeit des Mediums zwischen der Meß- und Bezugselektrode. Mit der Art der Gegenkopplung von OPV 1 kann der Zusammenhang $U_1 = f(I_1)$ festgelegt werden. Wird z. B. R1 durch zwei antiparallel geschaltete Dioden ersetzt, ergibt sich ein logarithmischer Zusammenhang.

Zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit der Sonde kann vorteilhafterweise zwischen Meß- und Bezugselektrode ein im Vergleich zur Leitfähigkeit des zu messenden Mediums hochohmiger Testwiderstand R7 eingebaut werden. Der daraus resultierende zusätzliche Stromanteil wird über R7 so eingestellt, daß er entweder im Verhältnis zum eigentlichen

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung der Leitfähigkeitsverteilung in Flüssigkeiten bzw. mehrphasigen Medien mit beliebiger Strömungsrichtung insbesondere für den Einsatz in der Verfahrens- und Kraftwerkstechnik, wobei die elektrische Leitfähigkeit vorwiegend als Maß für weitere physikalische oder chemische Eigenschaften (z. B. volumetrischer Gasanteil, Konzentration, Stoffart, usw.) der Flüssigkeit oder als Indikator für die Phasenverteilung über den Meßquerschnitt eines Mehrphasenmediums dient.

Für die Bestimmung der Eigenschaften von Flüssigkeiten und Mehrphasengemischen, z. B. des volumetrischen Gasanteils, wird verbreitet die Messung der elektrischen Leitfähigkeit verwendet. Dazu bringt man sowohl bei Laboreinrichtungen als auch bei großtechnischen Anwendungen draht- oder flächenförmige Elektroden, die parallel oder konzentrisch angeordnet sind, in das zu messende Medium und mißt mittels Gleich- oder Wechselspannungsanregung seine Leitfähigkeit durch Bestimmung des ohmschen bzw. komplexen Widerstandes. Eine spezielle Form dieser Elektrodenanordnungen sind die Nadelsonden [DE 32 01 799 C1] zur Messung der lokalen Leitfähigkeit.

Dabei wird die Leitfähigkeit zwischen zwei konzentrisch angeordneten Elektroden, die in das zu messende Medium eintauchen, gemessen. Die Ausführung dieser konzentrisch angeordneten Elektroden ist sehr mannigfaltig, und hängt von dem jeweiligen Anwendungsfall ab. Es werden auch Nadelsonden mit mehr als zwei konzentrisch angeordneten Elektroden beschrieben. So wird in [DE 32 01 799] eine Sondenanordnung beschrieben, bei der eine zusätzliche Elektrode als Schirmelektrode zur Ableitung von Thermospannungen einer in die Sonde integrierten Temperaturmeßeinrichtung genutzt wird. In [DE 9 68 548] wird eine Sonde vorgestellt, deren äußere Elektrode aus mehreren axial voneinander isolierten Teilstücken zusammensetzt ist, und damit eine Mehrfachmessung in axialer Richtung erlaubt.

Nachteilig wirkt sich bei den Messungen aus, daß leitfähige Ablagerungen, die zu einer elektrischen Verbindung zwischen der Meß- und der Bezugselektrode führen, einen zusätzlichen Stromfluß verursachen, der die Messung verfälscht. Durch den zusätzlichen Strom kommt es zu einer Überbewertung der Leitfähigkeit des Meßmediums. Solche leitfähige Ablagerungen können z. B. Schichten von Korrosionsprodukten sein. Bei der Verwendung der Leitfähigkeitsmessung zur Bestimmung des Volumenanteils der Phasen in Flüssigkeits-Gas- oder Flüssigkeits-Dampf-Gemischen (Zweiphasenströmung) wird der Sondenstrom zur Identifikation des momentanen Phasenzustands (flüssig oder gasförmig) an der Sonde benutzt. Wenn die Sonde sich in der Gasphase befindet, wirken auf der Sonde verbliebene Flüssigkeitsfilme oder sich aus der Dampfphase bildendes Kondensat als leitfähige Ablagerungen. Dadurch wird ein Sondenstrom hervorgerufen, der im Verhältnis zur Leitfähigkeit der Gas- bzw. Dampfphase zu hoch ist. Das führt zu Fehlinterpretation des Sonden Signals hinsichtlich der Phasendetektion, d. h. das Vorhandensein von Flüssigkeit mit geringerer elektrischer Leitfähigkeit kann nicht eindeutig vom Vorliegen von Dampf bzw. Gas unterschieden werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Einfluß von leitfähigen Ablagerungen, die zu einer elektrischen Verbindung von Meß- und Bezugselektrode auch im Falle des Vorliegens der Gas- bzw. Dampfphase führen, bei der Messung von Leitfähigkeiten in Fluiden mittels Nadelsonden auszuschalten.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß zwischen Meß- und Bezugselektrode mindestens eine Sperrelektrode angeordnet wird, die nahezu auf dem gleichen Spannungs-

potential gehalten wird, wie die Meßelektrode. Die Sonde ist konstruktiv so gestaltet, daß eventuelle leitfähige Ablagerungen im Gebiet zwischen der Meß- und der Bezugselektrode in jedem Fall im elektrischen Kontakt zur Sperrelektrode stehen. Dadurch erfolgt mit Sicherheit eine Unterbindung des Fehlersstromflusses zwischen Meß- und Bezugselektrode. Dieser Effekt ist mit eventuellen konstruktiven Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbildung einer geschlossenen leitfähigen Ablagerung nicht erreichbar.

Die Potentialdifferenz zwischen Meß- und Sperrelektrode muß so klein sein, daß der Strom zwischen beiden Elektroden zu vernachlässigen ist und damit die leitfähige Ablagerung, d. h. im Fall der Zweiphasenströmung ein Flüssigkeitsfilm, zwischen beiden Elektroden keinen Einfluß mehr auf das Meßergebnis besitzt. Dadurch wird die Meßgenauigkeit erhöht. Im Fall einer Zweiphasenströmung wird ein zuverlässiger Nachweis der an der Sonde vorliegenden Phase gewährleistet.

Zum besseren Verständnis wird die Erfindung nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

In der zugehörigen Figur ist eine Sonde mit drei konzentrisch angeordneten Elektroden (Dreielektrodensonde) dargestellt, die mit einer Ansteuer- und Auswerteeinheit verbunden ist. Dabei bildet die zentrale Elektrode die Meßelektrode, die mittlere die Sperrelektrode und die äußere die Bezugselektrode. Die Meßelektrode der Sonde ist an den invertierenden Eingang des Meßverstärkers OPV 1 angeschlossen. Der nichtinvertierenden Eingang des OPV 1 wird mit dem Versorgungspotential U_v verbunden. Bei genügend großer Leerlaufverstärkung von OPV 1 erzeugt das Potential am nichtinvertierenden Eingang des OPV 1 über die Gegenkopplung ein nahezu identisches Potential am invertierenden Eingang und damit an der Meßelektrode der Sonde.

Der OPV 1 arbeitet als Strom/Spannungswandler und der Sondenstrom zwischen Meß- und Bezugselektrode wird somit niederohmig gemessen. Die Sperrelektrode wird mit dem nichtinvertierenden Eingang von OPV 1 verbunden. Wegen der hohen Leerlaufverstärkung des OPV wird die Spannungsdifferenz zwischen Meß- und Sperrelektrode auf einem sehr geringen Wert gehalten (einige mV). Daher fließt zwischen beiden Elektroden auch nur ein zu vernachlässigender Fehlstrom. Flüssigkeitsfilme, Ablagerungen und Tröpfchenbildung zwischen beiden Elektroden haben praktisch keinen Einfluß mehr auf den Stromfluß zwischen Meß- und Bezugselektrode über das zu messende Medium. Damit ist der Strom zwischen der Meß- und Bezugselektrode ein Maß für die Leitfähigkeit des zu messenden Mediums.

In der Auswerteschaltung wird zum Abgleich mit dem Einstellregler R3 zunächst bei offenem Eingang (Eingangstrom $I_1 = 0$) die Schaltung so abgeglichen, daß sich $U_1 = 0$ ergibt. Fließt ein Eingangsstrom $I_1 \neq 0$, so tritt eine Ausgangsspannung U_1 auf, die proportional zum Sondenstrom I_1 ist, da durch die Beschaltung von OPV 2 als Differenzbildner die Versorgungsspannung U_v von der Ausgangsspannung von OPV 1 subtrahiert wird. Die Ausgangsspannung U_1 ist damit bei vernachlässigbaren Fehlstromkomponenten, proportional der Leitfähigkeit des Mediums zwischen der Meß- und Bezugselektrode. Mit der Art der Gegenkopplung von OPV 1 kann der Zusammenhang $U_1 = f(I_1)$ festgelegt werden. Wird z. B. R1 durch zwei antiparallel geschaltete Dioden ersetzt, ergibt sich ein logarithmischer Zusammenhang.

Zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit der Sonde kann vorteilhafterweise zwischen Meß- und Bezugselektrode ein im Vergleich zur Leitfähigkeit des zu messenden Mediums hochohmiger Testwiderstand R7 eingebaut werden. Der daraus resultierende zusätzliche Stromanteil wird über R7 so eingestellt, daß er entweder im Verhältnis zum eigentlichen

Meßstrom sehr klein, aber meßbar ist. Er kann dann als bekannter Fehlstromanteil bei der Auswertung berücksichtigt oder ganz vernachlässigt werden kann. Da dieser Strom unabhängig von der Leitfähigkeit des Mediums immer nachweisbar sein muß, gestattet er als minimaler Schwellwert eine einfache Funktionskontrolle der Anordnung. 5

Mit der dargestellten Dreielektroden-Nadelsonde und Auswerteschaltung besitzen Flüssigkeitsfilme und andere leitfähige Ablagerungen zwischen Meß- und Sperrelektrode keinen Einfluß auf die Leitfähigkeitsmessung dieser Anordnung. 10
Dadurch verringert sich der Meßfehler und die zuverlässige Detektion des momentan an der Sonde vorliegenden Phasenzustands wird gewährleistet.

Patentansprüche

15

1. Anordnung zur Messung der lokalen elektrischen Leitfähigkeit in Fluiden, bestehend aus einer koaxial aufgebauten Elektrodenanordnung, die sich aus einer zentralen Meßelektrode und mindestens zweier weiterer, diese umschließenden Elektroden zusammensetzt, wobei die äußere umschließende Elektrode als Bezugselektrode dient, die Meßelektrode gegenüber der Bezugselektrode mit einer Spannung versorgt, und der auftretende Strom als Maß für die Leitfähigkeit des Fluids erfaßt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die, bzw. eine der mittleren umschließenden Elektroden als Sperrelektrode dient, indem sie auf einem Spannungspotential gehalten wird, das mit dem der Meßelektrode nahezu identisch ist, und daß sie so gestaltet ist, daß eine sich zwischen Meß- und Bezugselektrode bildende leitfähige Ablagerung zwingend mit der Oberfläche der Sperrelektrode im Kontakt steht. 20
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strommessung an der Elektrodenanordnung im Verhältnis zur Leitfähigkeit des Fluids niederohmig ausgeführt ist. 25
30
35

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

